

Influence de la teneur en eau et de la température de l'air sur les tests de collage des cotons à la minicarde de laboratoire

J. Gutknecht, J. Fournier et R. Frydrych

Division de Technologie, I.R.C.T.-C.I.R.A.D., B.P. 5035, 34032 Montpellier Cedex.

RÉSUMÉ

Le test de collage à la minicarde a été utilisé pour l'étude du comportement de deux séries de cotons collants sous l'influence de diverses conditions atmosphériques en faisant varier la teneur en eau (humidité absolue) et la température. La teneur en eau a une action positive et forte sur le collage et la température une action négative mais moins prononcée que celle due à une aug-

mentation de l'humidité absolue. L'humidité relative (HR %), qui n'est autre qu'une combinaison de teneur en eau et température, a une action positive sur le degré de collage. Cet effet sera d'autant plus marqué que les cotons auront un potentiel de collage plus élevé.

MOTS CLÉS fibre, collage, test carde laboratoire, température, humidité relative.

INTRODUCTION

Les cotons contenant une substance collante dont l'origine probable serait les sécrétions d'insectes sont de plus en plus répandus sur le marché international, alors qu'il y a quelques années ils étaient seulement originaires d'un petit nombre de pays.

Ces types de coton entraînent des perturbations graves en filature, à tel point que certains industriels refusent désormais de se fournir en matière première provenant des pays réputés produire des cotons « collants ».

En filature classique, les perturbations apparaissent au niveau des cardes, puis sur les cylindres de pression et les cannelés des bancs d'étirage, où elles se manifestent par des points collants et des enroulements de la fibre. L'état des bancs à broche et des continus à filer nécessite des nettoyages fréquents du fait des dépôts.

En filature open-end, la présence de points collants sur les parois des turbines provoque de nombreuses casses et donne un fil irrégulier.

Il résulte de ces perturbations une importante baisse de rendement des usines de filature. Le phénomène ayant pris une telle ampleur, la Fédération Internationale des Industries Textiles (I.T.M.F.) a créé une commission chargée d'étudier des méthodes susceptibles de déterminer le degré de « collage » d'un coton. Plusieurs méthodes chimi-

ques ont été utilisées pour essayer de déterminer le degré de collage. Elles reposent généralement sur la détection des sucres originaires des sécrétions d'insectes et présents sur la fibre, mais il faut convenir qu'elles ne sont ni très précises ni très fiables. De plus, la relation entre la présence de ces sucres et le phénomène de collage en filature industrielle n'a jamais été définie avec précision.

Une méthode mécanique d'appréciation du collage d'un coton à l'aide d'une minicarde de laboratoire est également utilisée. Elle consiste à apprécier le degré de collage par l'observation des phénomènes de collage et d'enroulements du voile de carde passant entre le tambour de réception et le cylindre de pression. Il est admis qu'il existe une bonne relation entre les phénomènes observés à la minicarde et ce qui se passe en usine, sans que cela ait été cependant démontré de manière rigoureuse jusqu'à ce jour.

Le présent travail a pour objet de définir les conditions de quantité d'eau dans l'air et de température auxquelles on doit s'astreindre pour effectuer des essais valables et reproductibles à la minicarde. Il prétend également indiquer aux filateurs les limites des valeurs du conditionnement de l'air dans lesquelles ils devront travailler pour réduire sinon éliminer les perturbations liées aux cotons collants.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les cotons étudiés proviennent de différents pays africains et sont utilisés seuls ou en mélange de façon à obtenir des potentiels de collage différents, allant du non collant au très collant.

La minicarde utilisée fait partie de l'unité de microfilature du laboratoire qui sert à étudier les cotons de

l'I.R.C.T. La fibre nettoyée, se présentant sous forme de voile, est recueillie sur un tambour qui supporte un cylindre de pression. C'est sur ce cylindre qu'est apprécié le degré de collage.

L'évaluation du degré de collage à la minicarde s'effectue selon l'échelle suivante :

Degré		Critères d'appréciation
Descriptif	Chiffre	
0	1	Aucune trace de collage.
0 +	2	Quelques points qui pourraient être du collage. Le voile a tendance à coller sur le cylindre de pression, mais ne s'enroule pas.
+	3	Traces de collage nettes, mais le coton ne s'enroule pas forcément. Quand il s'enroule, c'est après un temps généralement long (après 1 minute ou plus).
+ + +	4	Traces de collage assez nombreuses, le coton s'enroule après un temps assez long (de l'ordre de 1 minute).
+ +	5	Nombreuses traces de collage, le coton a tendance à s'enrouler assez vite, temps de l'ordre d'une 1/2 minute.
+ + + + +	6	Nombreuses traces de collage, le coton s'enroule très vite.
+ + +	7	Collage immédiat et enroulement presque immédiat.

Il peut sembler que les critères retenus ne soient pas très précis. En fait, à l'usage, on s'aperçoit qu'il est aisé de distinguer les différents degrés ci-dessus définis.

L'échantillon testé pèse 10 grammes. Il est présenté au cylindre d'alimentation sous forme de nappe de 11×22 cm. Le temps de passage à la carte est de l'ordre de 2 minutes et demi. Entre chaque échantillon testé, le tambour et le cylindre de pression sont nettoyés à l'eau pure puis séchés à l'air chaud. Les chapeaux de carte sont nettoyés après le passage de 3 échantillons.

Les mesures de température et d'humidité relative sont effectuées à l'aide d'un psychromètre à ventilation à thermomètres sec et humide. L'utilisation d'un abaque spécial nous a permis de calculer la teneur en eau exprimée en grammes d'eau par kilogramme d'air sec appelée aussi humidité absolue. Un tel abaque, sur lequel est indiquée la plage des températures et des teneurs en eau dans laquelle nous avons travaillé, est représenté par la figure 1.

Deux expérimentations ont été réalisées, une première avec un nombre réduit de cotons devant donner des indications pour en faire une seconde plus complète.

Première expérimentation

Quatre cotons de potentiels de collage différents sont étudiés en faisant varier les conditions atmosphériques à l'intérieur du laboratoire pour arriver aux situations théoriques mentionnées dans le tableau 1.

Chaque coton est testé 3 fois dans chacune des conditions, soit un total de 120 tests à la minicarde.

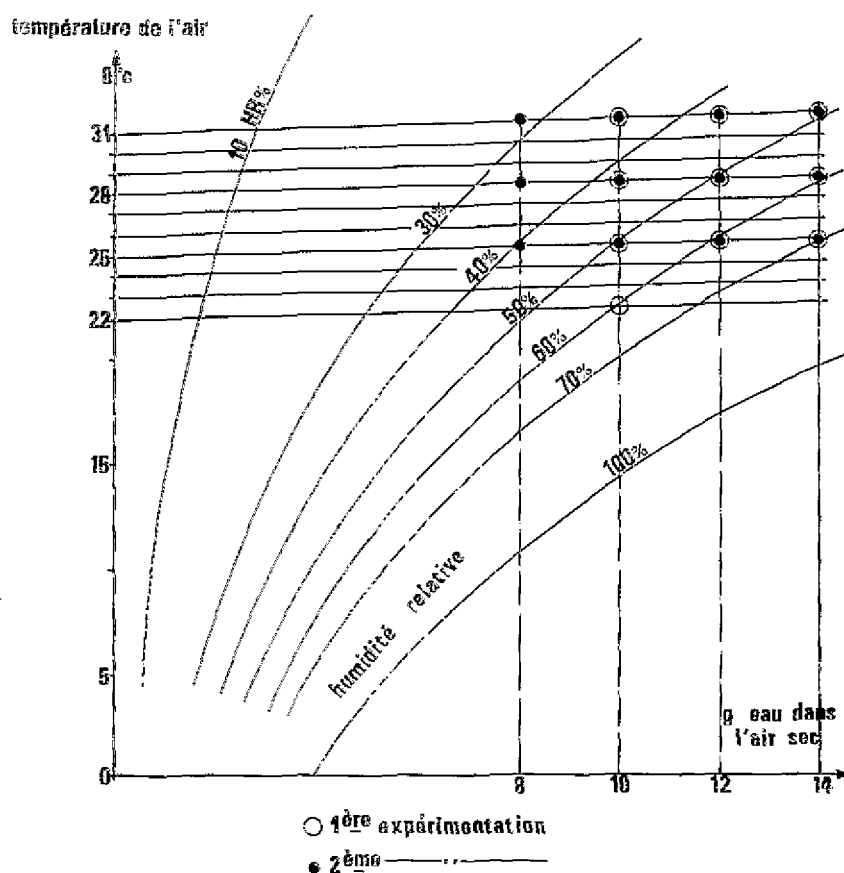


Figure 1

Choix des conditions atmosphériques.
Choice of atmospheric conditions.

TABLEAU 1

Situations théoriques de température et d'humidité relative de la première expérimentation.

Theoretical situations of temperature and relative humidity of the first experiment.

Quantité d'eau en grammes par kg d'air sec	Température de l'air (°C)	Humidité relative (%)
10 grammes	22	60
	25	50
	28	42,5
	31	35
12 grammes	25	60
	28	50
	31	42,5
14 grammes	25	70
	28	59
	31	50

TABLEAU 2

Situations théoriques de température et d'humidité relative de la seconde expérimentation.

Theoretical situations of temperature and relative humidity of the second experiment.

Quantité d'eau en grammes par kg d'air sec	Température de l'air (°C)	Humidité relative %
3 grammes	25	40
	28	34
	31	28,5
10 grammes	25	50
	28	42,5
	31	35
12 grammes	25	60
	28	50
	31	42,5
14 grammes	25	70
	28	59
	31	50

Seconde expérimentation

Pour cette seconde étude, on a augmenté à 13 le nombre de cotons à tester et on a essayé d'obtenir les conditions climatiques indiquées dans le tableau 2.

Chacun des cotons a été testé 3 fois dans chacune des 12 conditions, ce qui représente 468 tests de collage. Comme on le verra plus loin, il a été parfois difficile d'obtenir exactement ce conditionnement théorique mais on s'en est beaucoup rapproché.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Première expérimentation

Les conditions expérimentales et les résultats obtenus sont réunis dans le tableau 3. On constate d'abord que les conditions d'humidité absolue (teneur en eau de l'air), de température et d'humidité relative observées durant les essais sont très voisines des valeurs théoriques recherchées.

Dans la dernière colonne du tableau, on trouve la valeur moyenne de tous les degrés de collage obtenus pour 3 cotons (le 4^e coton étant un témoin non collant) dans toutes les con-

ditions d'humidité absolue et de température. Le traitement 10 g eau et 31 °C, ayant donné des chiffres aberrants, n'est pas pris en compte.

L'effet du poids d'eau dans l'air et de la température sur le degré de collage a été analysé par la méthode de régression multiple pour chacun des 3 cotons retenus. Le degré moyen de collage dans toutes les conditions de l'expérimentation de chaque coton a été calculé ; il peut être assimilé à ce que nous appellerons le potentiel de collage d'un coton. Ces

TABLEAU 3

Résultats moyens des tests de collage à la minicarde obtenus pour 3 cotons (3 répétitions) dans différentes conditions d'humidité absolue et de température.

Mean results of the minicard stickiness tests obtained for 3 cottons (3 replications) at various conditions of absolute humidity and temperature.

Humidité absolue g eau/kg air		Température °C		Humidité relative %		Résultats moyens de collage de 3 cotons (3 rép.)
Théor.	Obs.	Théor.	Obs.	Théor.	Obs.	
10	10,0	22	22	60	60	4,8
	9,8	25	25	50	49,5	4,2
	9,5	28	27,5	42,5	42,0	2,7
12	12,0	25	25	60	60	5,2
	11,5	28	27,3	50	49	3,3
	11,5	31	31,5	42,5	40	2,9
14	14,3	25	25,3	70	70	5,3
	14,0	28	28,0	59	59	5,3
	14,1	31	30,8	50	50	4,2

TABLEAU 4

Effet de l'humidité absolue et de la température sur le degré de collage de 3 cotons.
Incidence of absolute humidity and temperature on the degree of stickiness of 3 cottons.

Réf. coton	Grade moyen de collage	Equation de régression multiple	Coefficient de corrélation multiple R	Coefficient de détermination $R^2 \times 100$
A1	3,3	$S = 0,612 (H_2O) - 0,259 (T^\circ) + 7,361$	0,788	62,1
C1	4,2	$S = 0,553 (H_2O) - 0,310 (T^\circ) + 6,032$	0,841	70,7
B1	4,7	$S = 0,625 (H_2O) - 0,295 (T^\circ) + 5,465$	0,892	79,6

avec S = degré de collage
 H_2O = poids d'eau en g/kg d'air sec
 T° = température de l'air en $^\circ C$.

TABLEAU 5

Matrice de corrélation pour les 3 cotons.
Matrix of correlation for the 3 cottons.

Variable	H_2O	T°
Collage A1	0,346	- 0,659
Collage C1	0,525	- 0,440
Collage B1	0,680	- 0,489

TABLEAU 6

Equations de régression.
Regression equations.

Réf. coton	Degré de collage moyen	Equations de régression	Coefficient de corrélation r	Coefficient de détermination $r^2 \times 100$
A1	3,3	$S = 0,0785 (HR \%) - 0,737$	0,759	57,6
C1	4,2	$S = 0,1164 (HR \%) - 1,982$	0,845	71,4
B1	4,7	$S = 0,1247 (HR \%) - 1,741$	0,864	74,6

avec S = degré de collage
 HR % = humidité relative en %.

valeurs ainsi que les équations de régressions multiples, les coefficients de corrélation et de détermination (variance expliquée) sont rassemblés dans le tableau 4. La matrice de corrélation entre humidité absolue et température pour les 3 cotons collants est donnée dans le tableau 5.

On constate que le degré de collage est bien expliqué (de 62 à 80 %) par les 2 paramètres utilisés. Les équations de régression et la matrice de corrélation montrent que l'humidité absolue a une influence positive sur le degré de collage alors que la température a un effet négatif. A poids d'eau constant dans l'air, plus la température augmente, moins les cotons collent.

L'humidité relative est la résultante de la combinaison de l'humidité absolue et de la température de l'air. Ses variations permettent également, à un pourcentage un peu moins élevé, d'expliquer les variations du collage d'un coton. Les équations de régression simple obtenues figurent dans le tableau 6.

Une représentation graphique de ces observations est donnée par la figure 2, qui résume l'influence sur le collage en fonction :

- de l'humidité relative pour les 3 cotons ;
- du poids d'eau pour 3 températures différentes (25, 28, 31 $^\circ C$) ;
- de la température pour 3 niveaux de poids d'eau dans l'air (10, 12 et 14 g par kg d'air sec).

Seconde expérimentation

Suite aux observations faites lors de la première expérimentation, on a préparé 13 cotons pour cette étude, en mélangeant pour certains, des cotons collants de grades différents entre eux afin d'augmenter la gamme de potentiel de collage nul à fort. On a porté dans le tableau 7 les résultats moyens des tests de collage pour les différentes conditions d'humidité de l'air et de température.

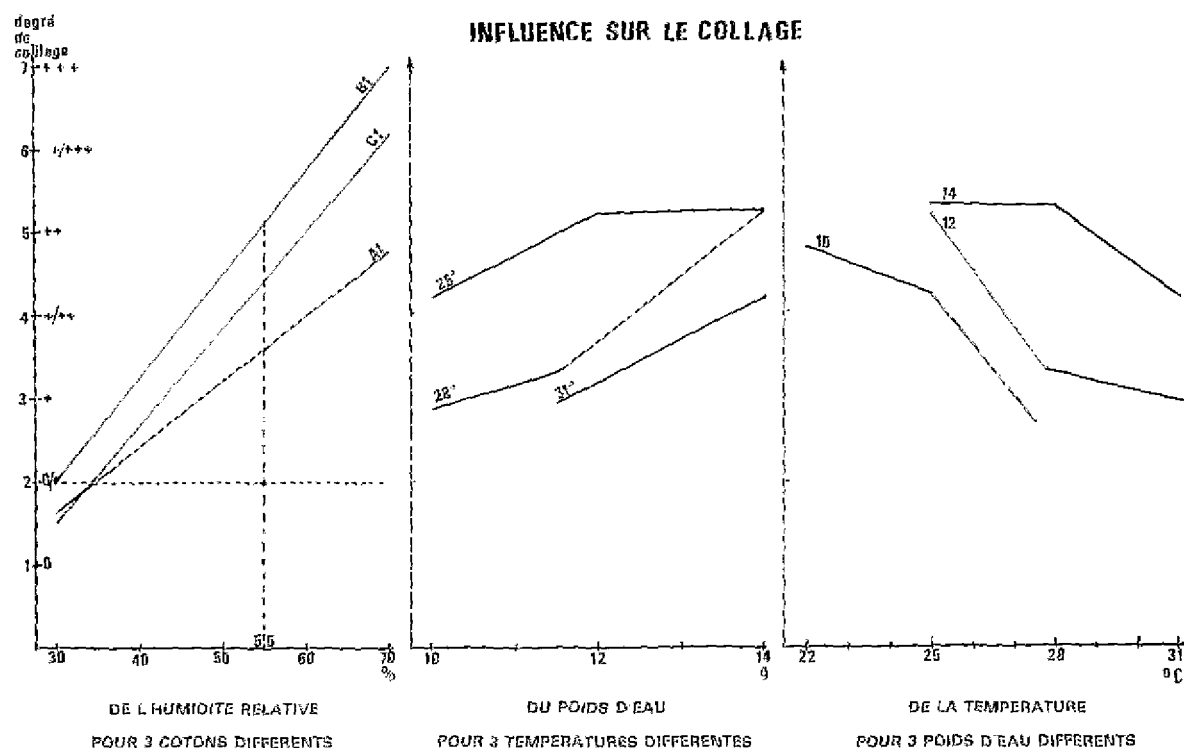


Figure 2

Première expérience.

First experimentation.

TABLEAU 7

Résultats moyens des tests de collage à la minicarde obtenus pour 13 cotons (3 répétitions) dans différentes conditions d'humidité absolue et de température.

Mean results of the minicard stickiness tests obtained for 13 cotons (3 replications) at various conditions of absolute humidity and temperature.

Humidité absolue g eau/kg air		Température °C		Humidité relative %		Résultats moyens de collage de 13 cotons (3 rép.)
Théor.	Obs.	Théor.	Obs.	Théor.	Obs.	
8	7,8	25	25,1	40	39,8	1,7
	8,5	28	28,1	34	35,0	1,6
	8,5	31	30,8	28	31,0	1,3
10	9,8	25	25,1	50	48,2	3,5
	10,0	28	28,3	42	42,2	1,6
	9,7	31	30,2	35	36,2	1,7
12	12,3	25	25,5	60	59,7	4,5
	11,8	28	28,4	50	47,8	3,6
	12,4	31	30,5	42,5	45,0	2,3
14	14,5	25	25,5	70	70,0	5,2
	14,4	28	28,5	59	58,0	4,7
	13,7	31	31,3	50	49,5	3,7

On remarque qu'ont été pratiquement obtenues les conditions théoriques d'environnement que l'on s'était fixées. Seul le taux d'humidité relative recherché de 28 % n'a pas été atteint. Celle-ci a donc varié de 31 % à 70 %.

Les résultats enregistrés permettent de réaliser le graphique 3 montrant d'abord l'influence de l'humidité relative sur le collage. Chaque point, représentant le potentiel de collage, a été obtenu en faisant la moyenne des 3 répétitions de chacun des 13 cotons testés. Les valeurs du degré de collage augmentent en fonction de l'accroissement de l'humidité relative selon l'équation de régression suivante :

Degré de collage (S) = 0,116 7 (HR %) - 2,520

avec un coefficient de corrélation $r = 0,949$ et un pourcentage de la variation expliquée de 90 %.

On peut expliquer les effets du poids de l'eau dans l'air et de la température sur le degré de collage à partir de la formule suivante :

$$\text{Degré de collage (S)} = 0,520 (\text{H}_2\text{O}) - 0,263 (\text{T}^\circ) + 4,559$$

avec H_2O = poids d'eau en g/kg d'air sec

T° = température de l'air en $^\circ\text{C}$.

Le coefficient de corrélation multiple R est égal à 0,957 et 91,5 % de la variance sont expliqués.

La matrice de corrélation (tabl. 8) permet de montrer que le poids d'eau dans l'air a plus d'influence que la température sur le degré de collage. On notera par ailleurs que ces deux influences sont opposées.

Le graphique 3 montre également l'effet du poids d'eau dans l'air pour 3 niveaux de température (25, 28, 31 $^\circ\text{C}$) ainsi que l'effet de la température pour 4 niveaux de poids d'eau dans l'air (8, 19, 12, 14 g par kg d'air sec).

L'effet de l'humidité relative de l'air sur le collage de 12 cotons (le treizième n'ayant pratiquement pas collé tout au long de l'expérimentation) a été traduit en équation de régression, les formules étant réunies dans le tableau 9.

TABLEAU 8
Matrice de corrélation.
Correlation matrix.

	Degré de collage	Poids d'eau dans l'air
Poids d'eau dans l'air	0,8511	1,000
Température de l'air	- 0,3704	0,0761

On constate que, pour chacun des cotons, le degré de collage augmente en fonction de l'humidité relative (coefficients de corrélation positifs et significatifs). Par ailleurs, l'augmentation est plus marquée avec les cotons ayant un potentiel de collage élevé (voir pentes des équations de régression).

Les cotons de potentiel de collage voisin ont été regroupés par 2 ou 3 ce qui permet de passer à un total de 5 groupes distincts. De nouvelles équations de régression ont pu être calculées et sont présentées dans le tableau 10.

TABLEAU 9
Equations de régression du collage des 12 cotons.
Regression equations of the stickiness of 12 cottons.

Réf. coton	Degré de collage moyen	Equations de régression	Coefficient		Test* Durbin-Watson
			corrélation r	détermination $r^2 \times 100$	
C25	1,9	$S = 0,0612 (\text{HR } \%) - 0,969$	0,767	58,8	0,99
B25	2,1	$S = 0,081 (\text{HR } \%) - 1,559$	0,853	72,8	1,07
B50	2,3	$S = 0,1349 (\text{HR } \%) - 3,988$	0,906	82,1	1,27
C50	2,6	$S = 0,1025 (\text{HR } \%) - 2,248$	0,829	68,7	1,13
B75	2,7	$S = 0,1294 (\text{HR } \%) - 3,371$	0,871	75,9	1,58
C75	2,9	$S = 0,0979 (\text{HR } \%) - 1,697$	0,743	55,3	0,81
B+	2,9	$S = 0,1552 (\text{HR } \%) - 4,387$	0,917	84,2	1,59
C++	3,1	$S = 0,118 (\text{HR } \%) - 2,473$	0,907	82,2	1,58
D25	3,5	$S = 0,1331 (\text{HR } \%) - 2,765$	0,802	64,3	1,15
D50	3,9	$S = 0,1433 (\text{HR } \%) - 2,853$	0,761	58,0	0,97
D75	4,6	$S = 0,1644 (\text{HR } \%) - 3,150$	0,819	67,1	1,03
D+++	4,8	$S = 0,1775 (\text{HR } \%) - 3,540$	0,834	69,6	0,32

avec S = degré de collage
 H_2O = poids d'eau.

* Le test de DURBIN-WATSON peut être compris entre 0 et 4. Lorsqu'il est voisin de 2, il indique l'indépendance des erreurs ; lorsqu'il tend vers 0, il indique une corrélation positive entre les résidus ordonnés et lorsqu'il tend vers 4, une corrélation négative.

* The DURBIN-WATSON'S Test may range from 0 to 4. When it is close to 2, it indicates error independence. When it tends towards 0, it indicates a positive correlation between ordinate remainders, and a negative correlation when it tends towards 4.

TABLEAU 10
Equations de régression du collage de 5 groupes de coton.
Regression equations of the stickiness of 5 groups of cotton.

Réf. coton groupes	Degré de collage moyen	Equations de régression (S = degré de collage)	Coefficient	
			régression r	détermination $r^2 \times 100$
A(C25 + B25)	2,0	$S = 0,0716 (\text{HR } \%) - 1,314$	0,879	77,3
B(B50 + C50 + B75)	2,5	$S = 0,1223 (\text{HR } \%) - 3,202$	0,944	89,1
C(C75 + (B+) + (C++))	2,9	$S = 0,1237 (\text{HR } \%) - 2,852$	0,943	88,9
D(D25 + D50)	3,7	$S = 0,1382 (\text{HR } \%) - 2,809$	0,802	64,3
E(D75 + D+++)	4,7	$S = 0,1709 (\text{HR } \%) - 3,345$	0,853	72,8

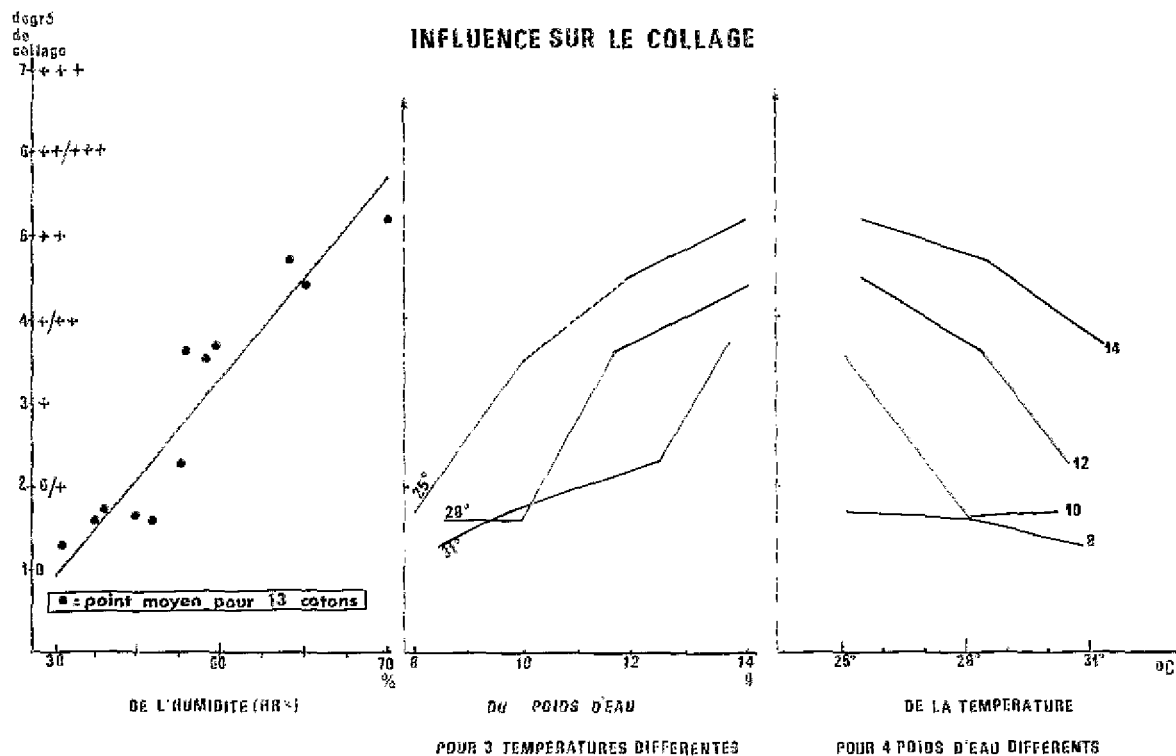


Figure 3

Deuxième expérimentation.

Second experimentation.

Ces résultats sont excellents et l'explication de la variance va de 64,3 % à 89 % suivant les groupes. L'effet positif de l'humidité relative sur le degré de collage et l'influence du potentiel de collage du coton sont illustrés par le graphique 4.

L'effet du poids d'eau dans l'air et celui de la température sur le degré de collage des 12 cotons étudiés a été également analysé. Les équations de régression multiple sont réunies dans le tableau 11.

Les coefficients de corrélation multiple (R) et de détermination ($R^2 \times 100$) sont à peine plus élevés que ceux

obtenus lorsque l'on utilise une seule variable, l'humidité relative. Le tableau 11 associé à la matrice de corrélation (tabl. 12) permet de confirmer ce qui avait déjà été dit précédemment : le poids d'eau dans l'air ou humidité absolue et la température ont une importante influence sur le degré de collage d'un coton collant. L'humidité absolue a une influence positive, la température une influence négative, mais dans une moindre mesure.

Les résultats de cette seconde expérience confirment ceux de la première et permettent d'étendre les conclusions à des températures et à des humidités plus extrêmes.

TABLEAU 11

Effet du poids d'eau dans l'air et de la température sur le collage de 12 cotons.

Effect of water weight in the air and temperature on the degree of stickiness of 12 cottons.

Réf. coton	Degré de collage moyen	Equations de régression $S = \text{degré de collage}$	Coefficient		Test Durbin-Watson
			corrélation r	détermination $r^2 \times 100$	
C25	1,9	$S = 0,279 (H_2O) - 0,136 (T^\circ) + 2,665$	0,774	59,9	1,09
B25	2,1	$S = 0,344 (H_2O) - 0,212 (T^\circ) + 4,266$	0,856	73,3	1,14
B50	2,3	$S = 0,601 (H_2O) - 0,260 (T^\circ) + 2,967$	0,893	79,8	1,0
C50	2,6	$S = 0,429 (H_2O) - 0,267 (T^\circ) + 5,282$	0,822	67,6	1,16
B75	2,7	$S = 0,549 (H_2O) - 0,323 (T^\circ) + 5,819$	0,868	75,3	1,54
C75	2,9	$S = 0,445 (H_2O) - 0,311 (T^\circ) + 3,885$	0,758	57,5	1,01
B+	2,9	$S = 0,684 (H_2O) - 0,334 (T^\circ) + 4,659$	0,911	82,9	1,75
C++	3,1	$S = 0,486 (H_2O) - 0,308 (T^\circ) + 6,307$	0,839	70,0	1,74
D25	3,5	$S = 0,612 (H_2O) - 0,297 (T^\circ) + 5,018$	0,830	68,8	1,29
D50	3,9	$S = 0,705 (H_2O) - 0,232 (T^\circ) + 2,551$	0,806	65,0	1,35
D75	4,6	$S = 0,734 (H_2O) - 0,384 (T^\circ) + 7,187$	0,834	69,6	1,11
D+++	4,8	$S = 0,816 (H_2O) - 0,398 (T^\circ) + 6,878$	0,863	74,6	0,54

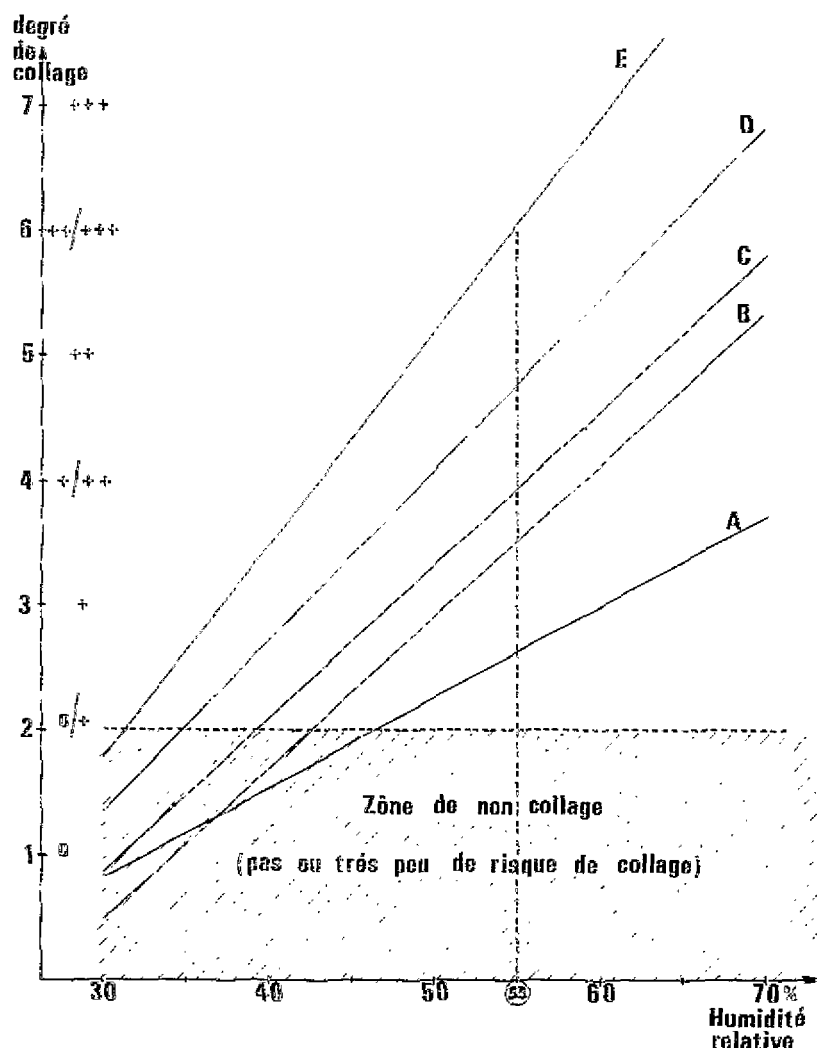


Figure 4

Influence de l'humidité relative sur le degré de collage.

Influence of relative humidity on stickiness.

TABLEAU 12
Matrice de corrélation.
Correlation matrix.

Réf. coton	C25	B25	B50	C50	B75	C75	B+	C++	D25	D50	D75	D+++
Poids d'eau	0,694	0,725	0,818	0,694	0,740	0,683	0,817	0,745	0,745	0,765	0,737	0,774
Température	- 0,290	- 0,400	- 0,294	- 0,387	- 0,395	- 0,376	- 0,340	- 0,426	- 0,308	- 0,193	- 0,334	- 0,322

CONCLUSION

Le degré de collage d'un coton, apprécié par un test à la minicarde selon une échelle allant de 1 à 7 correspondant à un degré croissant, est fonction de son potentiel de collage. Il est également étroitement lié à la teneur en eau de l'air (humidité absolue) ainsi qu'à la température de l'air au moment de la réalisation du test. La première expérimentation, effectuée avec 4 cotons de degré de collage différents, a permis de démontrer que le poids d'eau dans l'air a une action positive et forte sur le collage, alors que la température a une action négative et moins prononcée que celle due à l'augmentation de la teneur en eau. L'humidité relative (HR %), qui n'est autre qu'une combinaison de teneur en eau et de température, a une action positive sur le degré

de collage. L'expérience réalisée a mis en évidence que l'effet est plus marqué avec des cotons collants ayant au départ un potentiel de collage plus élevé. Il suffit, pour s'en convaincre, d'observer les pentes des équations de régression des 3 cotons de potentiel de collage différents :

— Coton A1 (faible potentiel) : degré de collage = $0,0716 \text{ (HR \%)} + 1,31$;

— Coton B1 (moyen potentiel) : degré de collage = $0,124 \text{ (HR \%)} + 2,85$;

— Coton C1 (fort potentiel) : degré de collage = $0,171 \text{ (HR \%)} + 3,35$.

On a vérifié que les résultats de collage obtenus par les équations de régression incluant le poids d'eau dans l'air et la température sont les mêmes que pour les équations de régressions simples avec seulement l'humidité relative.

La seconde expérimentation réalisée avec 13 cotons et dans des conditions atmosphériques plus variées a parfaitement confirmé les résultats de la première.

Une même humidité relative peut être obtenue en faisant varier les valeurs de la teneur en eau et de la température. Ainsi, dans les conditions de l'expérimentation, on pouvait obtenir une humidité relative de 50 % dans les 3 cas suivants :

- avec 10 g d'eau/kg d'air sec et 25 °C ;
- ou 12 g d'eau/kg d'air sec et 28 °C ;
- ou 14 g d'eau/kg d'air sec et 31 °C.

Le collage d'un coton était le même pour ces 3 conditions.

Pour les tests à la minicarde, il convient de choisir une humidité relative bien définie. Si le HR % est trop faible, aux alentours de 35 %, pratiquement aucun coton ne collera quel que soit son potentiel et, si l'humidité relative est trop forte, au-dessus de 60 à 65 %, même des cotons de potentiel moyen présenteront un collage maximum.

Nous proposons de retenir pour les tests à venir la valeur de 55 % HR qui nous paraît la plus discriminante.

Tous ces résultats semblent également intéressants pour l'industrie textile, bien que le comportement en laboratoire sur la minicarde et celui constaté dans l'industrie n'aient pas encore fait l'objet d'une étude comparative poussée. Au vu de ces résultats, l'industrie devrait pouvoir améliorer sensiblement sa marche en cas de collage en jouant sur les valeurs de teneur en eau et de température à l'intérieur des salles de filature.

Influence of water content and air temperature on cotton stickiness tests with a laboratory minicard

J. Gutknecht, J. Fournier and R. Frydrych

SUMMARY

The stickiness test with a minicard has been used to study the behaviour of two series of sticky cottons under the influence of various atmospheric conditions by modifying water content (absolute humidity) and temperature. It is demonstrated that water content has a strong and positive effect on stickiness and that

temperature has a negative effect, slighter than that due to increased absolute humidity. Relative humidity (RH %), which is just a combination of water content and temperature, has a positive incidence on the degree of stickiness. This incidence is stronger with cottons having higher initial stickiness potentials.

KEY WORDS : fiber, stickiness, laboratory card test, temperature, relative humidity.

INTRODUCTION

Cottons containing a sticky substance probably originating from insect secretions are increasingly frequent on the international market, while they only came from a small number of countries a few years ago.

These types of cotton may hinder the proper operation of spinning mills so seriously that some manufacturers refuse to be supplied with cotton from countries known as sticky cotton producers.

In conventional spinning mills, disturbances appear at the cards, then at the drawframes (top roller and fluted rollers) in the form of sticky spots and fiber rolling ups. It is also necessary to clean the fly and spinning frames fre-

quently because of the deposits. In open-end spinning mills, sticky spots on turbine walls cause many ends down and produce uneven yarns.

These disturbances cause a sharp decrease in the yield of spinning mills. The phenomenon became so extensive that the International Textile Manufacturers Federation (I.T.M.F.) created a committee in charge of examining methods capable of determining the « stickiness » degree of cotton. Several chemical methods have been used to try to determine the degree of stickiness. In general, they are based on the detection of sugars originated by insect secretions and present in the fiber, but we must admit that they

are neither very precise nor very reliable. Besides, the relationship between presence of sugars and stickiness in industrial spinning mills has never been accurately defined.

A mechanical method for estimating stickiness with a laboratory minicard is also used. The degree of stickiness is estimated by observing the phenomena of stickiness and rolling ups of the card web fed between the collecting drum and the calender roller. It is admitted that there is a

good relation between the phenomena observed with the minicard and those occurring in spinning mills, although this has never been rigorously demonstrated so far. This paper aims at defining the conditions of water amount in the air and temperature which must be respected to conduct efficient and reproducible minicard tests. It also intends to indicate to mill owners the limits of air values in which they should work to decrease, if not eliminate, the disturbances due to sticky cottons.

MATERIALS AND METHODS

The cottons used in this study come from various African countries and are used alone or mixed, in order to obtain different stickiness potentials, ranging from non sticky to very sticky.

The minicard used is part of the laboratory miniature spinning plant employed to study I.R.C.T. cottons.

The cleaned fiber, in form of card web taken from the doffer, is wound onto a drum supporting a calender roller. The degree of stickiness is estimated on this calender roller.

The estimate of stickiness degree with a minicard is carried out according to the following scale :

Degree		Criterion of assessment
Descriptive	Figure	
0	1	No trace of stickiness.
0/+	2	A few spots that could be due to stickiness. The fleece tends to stick on the top roller but does not roll up.
+	3	Clear traces of stickiness but the fleece does not necessarily roll up. It does roll up, but generally after a long time (one minute or more).
+/++	4	Quite a large number of traces of stickiness. The web rolls up after a while (around one minute).
++	5	Many traces of stickiness. The web tends to roll up fairly quickly (around 1/2 minute).
+/+/++	6	Many traces of stickiness. The web rolls up very quickly.
+++	7	Immediate stickiness and nearly immediate rolling up.

The criterions selected may not seem very accurate. In fact, using them shows that it is easy to distinguish the different degrees defined above.

The sample tested weighs 10 grams. It is fed in the taker-in cylinder as a 11 × 22 cm sheet. Carding time is 2 minutes and a half. The drum and the calender roller are washed with pure water and warm-air dried after each sample is tested. Card flats are cleaned after 3 samples are tested.

Temperature and relative humidity are measured using an air-flow psychrometer with dry and wet bulb thermometer. Using a special chart allowed us to calculate the water content expressed in grams of water per kilogram of dry air, also called absolute humidity. This chart, which indicates the range of temperatures and water contents in which we worked, is shown by Figure 1.

Two experiments have been carried out, the first one with a small number of cottons supposed to give indications to perform a more comprehensive test.

First experiment

Four cottons with different stickiness potentials are examined by changing the atmospheric conditions in the laboratory to obtain the theoretical situations shown in Table 1. Each cotton is tested three times in each condition, i.e. a total of 120 minicard tests.

Second experiment

In this experiment, the number of cottons tested was increased to 13. We tried to obtain the climatic conditions shown in Table 2.

Each cotton was tested three times in each of the 12 conditions. We therefore carried out 468 tests. As shown later, it was sometimes difficult to obtain this theoretical conditioning but we came very close to it.

RESULTS AND DISCUSSION

First experiment

The experimental conditions and results obtained are given in Table 3. First, we may note that the conditions of absolute humidity (air water content), temperature and relative humidity observed during the tests are very close to the theoretical values desired. The last column of the table

shows the mean value of all the degrees of stickiness obtained for three cottons (the fourth cotton being a non-sticky control) in all the conditions of absolute humidity and temperature. The treatment 10 g water and 31 °C giving aberrant figures is not taken into account.

The effect of water weight in the air and temperature on the degree of stickiness was analyzed by the method of

multiple regression for each of the three cottons selected. The mean degree of stickiness in all the experimental conditions of each cotton was calculated and called the stickiness potential of one cotton. These values, together with the equations of multiple regressions and the correlation and determination coefficients (variance explained) are given in Table 4. The correlation matrix between absolute humidity and temperature for the three sticky cottons appears in Table 5.

It is observed that the degree of stickiness is perfectly explained (from 62 to 80 %) by the two parameters used. The regression equations and the correlation matrix show that absolute humidity has a positive effect on the degree of stickiness whereas temperature has a negative effect. When water weight in the air is constant, the higher temperature gets, the less sticky cottons are.

Relative humidity is the resultant of the combination between absolute humidity and air temperature. Its variations also allow the fluctuations in the degree of stickiness of one cotton to be explained, at a slightly lower percentage. The equations of simple regression obtained appear in Table 6.

A graphical representation of these observations is given by Figure 2, which sums up the effect on stickiness according to :

- relative humidity for the three cottons ;
- water weight for 3 different temperatures (25, 28 and 31 °C) ;
- temperature for 3 levels of water weight in the air (10, 12 and 14 g per kg of dry air).

Second experiment

Following the observations made during the first experiment, 13 cottons were prepared for this study. Some were prepared by intermixing sticky cottons with different degrees to increase the range of stickiness potential from non-existent to high. Table 7 shows the mean results of the stickiness tests for the different conditions of air humidity and temperature.

It can be noted that the theoretical environmental conditions have been practically obtained. Only the desired rate of relative humidity of 28 % was not achieved. Relative humidity therefore ranged from 31 to 70 %.

The results obtained make it possible to draw Graph 3 showing first the effect of relative humidity on stickiness. Each point, representing the stickiness potential, was obtained calculating the mean of the three replications of each of the 13 cottons tested. The values of the degree of stickiness rise according to the increase in relative humidity by the following regression equation :

$$\text{Degree of stickiness (S)} = 0.1167 (\text{RH } \%) - 2.520$$

the correlation coefficient r equals 0.949 and 90 % of the variation is explained.

The effects of water weight in the air and temperature on the degree of stickiness can be explained with the following formula :

$$\text{Degree of stickiness (S)} = 0.520 (\text{H}_2\text{O}) - 0.263 \text{ T}^\circ + 4.559$$

with H_2O = water weight in g/kg dry air
 T° = air temperature in °C.

The correlation matrix (Table 8) shows that water weight in the air has a stronger effect than temperature on the degree of stickiness. Besides, it should be noted that these effects are opposite.

Graph 3 also shows the effect of water weight in the air for three levels of temperature (25, 28 and 31 °C) as well as the effect of temperature for four levels of water weight in the air (8, 10, 12 and 14 g per kg dry air).

The effect of air relative humidity on the degree of stickiness of 12 cottons (the thirteenth practically did not stick throughout the experiment) has been translated into a regression equation. The formulas are gathered together in Table 9.

For each cotton, the degree of stickiness increases according to relative humidity (positive and significant correlation coefficients). Besides, the increase is sharper with cottons having a high stickiness potential (see slopes of the regression equations).

Cottons with similar stickiness potentials were gathered together by 2 or 3, giving a total of 5 distinct groups. It was possible to calculate new regression equations. They are shown on Table 10.

These results are excellent and variance explanation ranges from 64.3 to 89 % according to the group. The positive effect of relative humidity on the degree of stickiness and the incidence of cotton stickiness potential are illustrated by Graph 4.

The effects of water weight in the air and temperature on the degree of stickiness of the 12 cottons were also analyzed. The equations of multiple regression appear in Table 11.

Coefficients of multiple correlation (R) and determination ($R^2 \times 100$) are slightly higher than those obtained when only one variable i.e. relative humidity is used. Table 11 associated with the correlation matrix (Table 12) confirms what was mentioned before : water weight in the air or absolute humidity and temperature have a strong influence on the degree of stickiness of a sticky cotton. Absolute humidity has a positive influence and temperature a negative influence, although to a lower extent.

The results of this experiment confirm those of the first and the conclusions may be extended to more extreme temperatures and humidities.

CONCLUSION

The degree of stickiness of one cotton estimated by a minicard test according to a scale ranging from 1 to 7, depends on its initial stickiness potential. It is also closely linked to air water content (absolute humidity) and air temperature at the time when the test is carried out. The first experiment, performed with 4 cottons having different degrees of stickiness, allowed us to demonstrate that water weight in the air has a strong and positive effect on stickiness while temperature has a negative effect, slighter than that due to increased water content. Relative humidity (RH%), which is just a combination of water content and temperature, has a positive effect on the degree of

stickiness. Our experiment shows that the effect is more obvious with sticky cottons having a higher initial stickiness potential. Looking at the slopes of the regression equations of the 3 cottons with different stickiness potentials is convincing enough :

- cotton A1 (low potential) : degree of stickiness = $0.0716 (\text{RH}\%) - 1.31$;
- cotton B1 (average potential) : degree of stickiness = $0.124 (\text{RH}\%) - 2.85$;
- cotton C1 (high potential) : degree of stickiness = $0.171 (\text{RH}\%) - 3.35$.

It has been checked that the results of stickiness obtained by regression equations including water weight in the air and temperature are identical to those given by simple regression equation involving relative humidity only.

The second experiment conducted on 13 cottons with more varied atmospheric conditions has totally confirmed the results of the first experiment.

The same relative humidity can be obtained by changing the values of water content and temperature. Under the conditions of our experimentation, a relative humidity of 50 % could thus be obtained in the three following cases :

- with 10 g water/kg dry air and 25 °C ;
- or 12 g water/kg dry air and 28 °C ;
- or 14 g water/kg dry air and 31 °C.

The degree of stickiness was the same in each situation.

As far as minicard tests are concerned, a well-defined relative humidity should be chosen. If RH% is too low (i.e. around 35 %), practically no cotton will stick, whatever the potential may be : if RH% is too high (over 60 to 65 %) even cottons with average potentials will have a maximum degree of stickiness.

For future tests, we propose the value of 55 % RH be chosen, since it seems the most discriminant to us.

These results seem interesting for the textile industry as well, although behaviours in the laboratory and in the plant have never been compared in any extensive study. Seeing these results, textile plants should be able to improve their operations substantially when they process sticky cottons, by modifying the values of water content and temperature inside spinning rooms.

RESUMEN

La prueba de pegadura con la minicarda fue utilizada para estudiar el comportamiento de dos series de algodones pegajosos bajo la influencia de varias condiciones atmosféricas haciendo variar el contenido de agua (humedad absoluta) y la temperatura. El contenido de agua tiene una acción positiva y fuerte sobre la pegadura y la temperatura tiene una acción negativa pero menos mar-

cada que la que es debida a una aumentación de la humedad absoluta. La humedad relativa (RH %), que no es mas que una combinación de contenido de agua y temperatura, tiene una acción positiva sobre el grado de pegadura. Este efecto será tanto mas marcado cuanto que los algodones tendrán un potencial de pegadura más elevado.